

开颅手术加速术后康复麻醉管理新进展

李艺¹, 刘子嘉², 拉巴次仁¹, 申乐²

¹ 西藏自治区人民医院麻醉科, 拉萨 850000

² 中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院麻醉科, 北京 100730

通信作者: 刘子嘉 电话: 010-69152020, E-mail: liu-zj02@126.com

【摘要】 加速术后康复 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 是指围术期通过一系列基于循证医学证据的措施, 减小手术创伤、降低并发症发生、促进患者术后康复的管理理念, 良好的麻醉管理是其重要内容。开颅手术具有手术时间长、并发症发生率高的特点。近年来, 随着医学技术不断进步, ERAS 理念逐渐应用于开颅手术, 并取得快速发展。本文对开颅手术实施 ERAS 麻醉管理的最新进展进行梳理和总结。

【关键词】 加速术后康复; 开颅手术; 麻醉管理; 围术期

【中图分类号】 R614 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-9081(2021)05-0774-06

DOI: 10.12290/xhyxzz.20200265

New Advances in Anesthesia Management of Enhanced Recovery After Surgery in Craniotomy

LI Yi¹, LIU Zijia², LABA Ciren¹, SHEN Le²

¹ Department of Anesthesiology, Tibet Autonomous Region People's Hospital, Lhasa 850000, China

² Department of Anesthesiology, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

Corresponding author: LIU Zijia Tel: 86-10-69152020, E-mail: liu-zj02@126.com

【Abstract】 Enhanced recovery after surgery (ERAS) is a new perioperative management concept with a series of evidence-based clinical optimization protocols to minimize surgical stress response, reduce postoperative complications and enhance patients' recovery. Anesthesia management is an important content of ERAS for the approach of a multidisciplinary team. Craniotomy is one of the most high-risk operations with a long duration and a high rate of complication. In recent years, the clinical research and implementation of ERAS management in craniotomy have gradually been carried out and rapidly developed. This article reviews the new progress in anesthesia management of ERAS in craniotomy.

【Key words】 enhanced recovery after surgery; craniotomy; anesthesia management; perioperative

Med J PUMCH, 2021, 12(5):774-779

加速术后康复 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 是以循证医学证据为基础, 通过多学科协作,

优化围术期临床路径, 旨在减少患者生理与心理创伤及应激反应、降低术后并发症、缩短住院时间、促进

患者早期康复^[1]。ERAS 在实施过程中需外科、麻醉科、营养科、护理等多学科密切配合，其中围术期良好的麻醉管理是 ERAS 的重要组成部分。近年来 ERAS 广泛应用于胃肠与肝胆外科、泌尿外科、心胸外科、妇产科等领域^[2-6]。开颅手术具有手术时间长、并发症发生率高的特点，随着术中神经电生理监测（intraoperative neurophysiological monitoring, IONM）及导航技术的不断发展^[7]，ERAS 在开颅手术的研究与临床应用逐步开展，但其与腹部外科手术仍存在差异。本文对开颅手术中麻醉管理的最新进展进行综述，以提高临床医生认识，促进 ERAS 理念规范化。

1 麻醉方式

神经外科开颅手术 ERAS 管理，建议采用全身麻醉复合局部浸润麻醉或头皮神经阻滞^[8]，以降低术中全身麻醉药物、阿片类药物用量及副作用发生风险，促进患者快速康复。

1.1 全身麻醉

神经外科开颅手术需采用全身麻醉，可选择吸入麻醉药或静脉麻醉药。采用脑电双频指数（bispectral index, BIS）进行术区对侧监测，可有效指导麻醉维持深度。适宜的麻醉深度可减少术后谵妄、认知功能障碍，以及潜在的远期认知功能损害^[9]。建议 BIS 值维持在 40~60，一方面可避免麻醉过浅导致的术中知晓；另一方面可避免麻醉过深导致的苏醒延迟，并减少对术后早期神经功能评分造成的干扰。IONM 可反映患者麻醉状态下的神经功能状态，指导手术操作，避免医源性神经损伤，提高手术安全性^[10]。麻醉维持可采用丙泊酚或低于 0.5 最低肺泡有效浓度（minimum alveolar concentration, MAC）的吸入麻醉药，如七氟烷或地氟烷。运动诱发电位监测期避免使用肌松药，可采用右美托咪定联合瑞芬太尼持续静脉泵入，其对 IONM 信号的影响较小。

术中唤醒麻醉常在行脑功能区开颅手术时应用。脑功能区是大脑皮质负责语言及运动的区域，唤醒麻醉可避免术中损伤语言、运动及感觉功能。唤醒麻醉过程要求具有较好的镇痛及镇静效果，建议采用双管喉罩及静脉麻醉药靶控输注技术，并结合局部阻滞麻醉^[11]。采用喉罩可减轻麻醉药对患者呼吸道的刺激，置入或拔除喉罩时可减轻其对患者血流动力学的影响。麻醉药以丙泊酚-瑞芬太尼组合较常用，必要时可联合右美托咪定，并监测 BIS 值在 40~60 范围内。

1.2 局部浸润麻醉

全身麻醉开颅手术中复合切口局部浸润麻醉可限制持续性疼痛发展（特别是神经病理性疼痛），促进患者早期康复、提高术后生活质量^[12]。进行局部浸润麻醉的时间、是否加入辅剂等均为麻醉医生所关注的临床细节。相较于开颅手术关皮前局部浸润麻醉，切皮前采用 0.5% 罗哌卡因+1% 利多卡因头皮局部浸润麻醉在术后 6 h 可产生更好的镇痛效果，可能与超前镇痛降低外周和中枢敏化有关^[13]。在利多卡因或罗哌卡因中加入少量肾上腺素作为辅剂，可促进局部血管收缩、延长药物吸收时间、减少头皮出血。但局部浸润麻醉的持续时间较短，有学者认为开颅手术前在中效和长效局麻药中添加地塞米松，可延长感觉、运动阻滞时间和镇痛时间，但确切结论需进一步验证^[14]。

1.3 头皮神经阻滞

头皮神经阻滞可阻断头皮处的感觉支配，减弱放置头架和切皮对血流动力学的影响，减轻应激反应，减少阿片类药物用量，降低术后疼痛程度^[15]。幕上肿瘤可进行眶上神经、滑车上神经、耳颞神经、颤颤神经、枕大神经和枕小神经阻滞；幕下肿瘤可考虑颈丛神经阻滞。局麻药可单独或联合应用。有研究证实了等体积 2% 利多卡因和 0.75% 罗哌卡因与 5 mg/L 肾上腺素混合液在清醒开颅手术中头皮神经阻滞的安全性和有效性^[16]，提示联合应用局麻药可提高镇痛效果。有研究者认为，透明质酸酶可增加组织通透性，其与局麻药联合应用可加快局麻药起效时间、提高镇痛效果，但同时可促进局麻药在体内的吸收，增加全身不良反应的发生风险^[17]，辅剂在头皮神经阻滞中的作用需进一步验证。

随机对照研究证实，头皮神经阻滞在开颅手术围术期镇痛、维持血流动力学稳定、减轻炎症反应的效果优于头皮局部浸润^[18-20]。Yang 等^[21]纳入 57 例行择期开颅手术夹闭颅内动脉瘤的患者，比较罗哌卡因头皮神经阻滞与局部浸润的麻醉效果。头皮神经阻滞组于切皮前 10 min 阻断双侧眶上神经、滑车上神经、耳颞神经、枕大神经、枕小神经和第三枕神经；局部浸润组于切皮前 10 min 行常规局部浸润麻醉。结果显示头皮神经阻滞组患者切皮、打开硬脊膜时血流动力学更稳定，术后疼痛强度、炎症因子水平及术后恶心呕吐（postoperative nausea and vomiting, PONV）发生率均更低，首次使用羟考酮的时间延后且用量减少。Vallapu 等^[18]研究发现，相较头皮局部浸润麻醉，头皮神经阻滞可减少开颅术后 1 个月慢性疼痛的发生率。

2 多模式镇痛药物

开颅手术围术期疼痛往往未得到重视。据报道，高达 60%~84% 的患者在开颅术后 48 h 发生中重度疼痛，25%~50% 的患者可能术后数月出现慢性头痛^[22]。这些疼痛影响患者的预后和生活质量，因此镇痛管理在开颅手术 ERAS 中至关重要。镇痛方案应由神经外科医生和麻醉医生共同制定，贯穿术前、术中和术后，方案具有连续性、统一性和协同性，为患者提供围术期无缝式镇痛。

对于开颅手术，围术期应用阿片类药物虽可起到镇痛效果，但可导致缩瞳、镇静，甚至可能掩盖颅内急症；此外，阿片类药物可导致呼吸抑制、高碳酸血症、脑内血量增加、颅内压（intracranial pressure, ICP）增高，过度镇静还可干扰术后神经系统查体^[23]。除复合区域神经阻滞或局部浸润麻醉，ERAS 倡导通过作用机制不同的药物发挥协同或叠加作用，实现多模式镇痛，以减少阿片类药物用量。

2.1 非甾体抗炎药和对乙酰氨基酚

非甾体抗炎药（nonsteroidal anti-inflammatory drugs, NSAIDs）可抑制环氧化酶（cyclooxygenase, COX）活性，阻断花生四烯酸转化为前列腺素，发挥解热、镇痛、抗炎作用。多个学科外科手术 ERAS 指南均推荐无禁忌证患者围术期应用 NSAIDs，以有效减少阿片类药物用量，降低 PONV 发生率^[2-6]。NSAIDs 应用于开颅手术的安全性和有效性尚不明确，且可能增加脑出血的风险^[24-25]。对于开颅手术，如在围术期应用，首选选择性 COX-2 抑制剂，其引起术后出血的风险相对较低。对乙酰氨基酚为乙酰苯胺类解热镇痛药，除作用于 COX，还可减少前列腺素、缓激肽和组胺等的合成与释放，通过提高痛觉阈值而发挥镇痛作用，作为开颅手术后的辅助镇痛药物被推荐应用，其副作用较小，但应注意过量服用具有肝毒性^[26-27]。

2.2 加巴喷丁和普瑞巴林

加巴喷丁和普瑞巴林均为钙通道阻滞剂，属于 γ -氨基丁酸类似物，可抑制突触前缘神经元钙离子内流，降低神经元兴奋性，减轻痛觉传递中外周与中枢敏化。术前口服加巴喷丁可减少阿片类药物用量、降低 PONV；作为术后多模式镇痛的必要部分，术后应用加巴喷丁可减轻术后急慢性疼痛，同时发挥抗焦虑、改善睡眠的作用^[24,28]。随机对照研究显示，术前及麻醉诱导前 2 h 口服 600 mg 加巴喷丁可显著降低开颅手术患者术后 24 h 内静息/运动时急性疼痛，减

少 PONV 发生^[29]。有研究表明，围术期使用普瑞巴林在不增加不良反应的情况下可减轻术后疼痛^[30]。但加巴喷丁或普瑞巴林可引起过度镇静、嗜睡、晕眩，增加意外跌倒风险，尤其对于老年和衰弱患者，应谨慎使用。

2.3 右美托咪定

右美托咪定是一种新型高选择性 α_2 受体激动剂，主要通过作用于中枢神经系统和外周神经系统 α_2 受体产生相应的药理作用，具有镇静、镇痛、催眠、抗焦虑、降低应激反应的作用，且对呼吸的抑制作用弱，表现为“合作型”镇静，可用于唤醒麻醉。研究显示，开颅手术围术期应用右美托咪定在达到较好术后镇痛效果的同时，可减少阿片类药物用量及 PONV 发生率^[31]。右美托咪定具有良好的神经生理学特性和神经保护作用，不增加 ICP，不影响 IONM，通过降低血压而减少开颅术中与术后潜在出血风险^[32]。此外，右美托咪定还可作为头皮神经阻滞和切口局部浸润麻醉的辅助用药，并减少术后解热镇痛药用量^[18]。临床应用时避免心动过缓或低血压等不良反应。

2.4 糖皮质激素

糖皮质激素（如地塞米松、甲泼尼龙）具有镇痛、止吐、解热、抗炎等多种作用。开颅手术前服用糖皮质激素可减轻血管源性水肿，并通过调节外周伤害性感受器发挥抗炎作用。此外，因糖皮质激素具有中枢性止吐作用，围术期应用糖皮质激素可降低术后 PONV 发生率，提高镇痛满意度^[33]。使用糖皮质激素的风险包括消化道刺激、影响伤口愈合、糖稳态受损和钠潴留，临床应用时应平衡风险与获益。除应用于多模式镇痛外，有研究者认为糖皮质激素可作为头皮神经阻滞局麻药的辅剂，延长阻滞时间，增强镇痛效果，但此结果仍存争议，需进一步研究^[34]。

3 容量管理

3.1 目标

开颅手术容量管理的目标是在维持足够脑灌注的同时，避免容量过多导致脑水肿。脑灌注的维持需保持合适的平均动脉压及 ICP，术中严格控制动脉血压和脑血流量是 ERAS 围术期血流动力学管理的关键。

3.2 液体类型选择

脑损伤及颅内占位可影响血脑屏障（blood-brain barrier, BBB）完整性，若 BBB 被破坏、渗透梯度消失，可发生脑水肿。此时可给予高渗溶液以使正常脑

组织脱水，减小脑容量、降低 ICP、保证脑灌注。通常采用甘露醇进行脱水治疗，1.0 g/kg 的甘露醇降低 ICP 效果较好，剂量过高不仅降压效果降低且低钠血症发生风险增加^[35]。低渗液可降低血浆渗透压，加重脑水肿，术中应避免使用，临床推荐使用等渗液。胶体液如羟乙基淀粉和明胶，具有较好的扩容效果，且有利于控制输液量、预防脑水肿，应用较广泛，但应警惕过敏反应、凝血功能异常及肾损伤等副作用。

3.3 目标导向液体治疗

目标导向液体治疗 (goal-directed fluid therapy, GDFT) 是麻醉管理的重要组成部分。GDFT 可通过优化心脏前负荷，维持有效血容量，保证微循环灌注和组织氧供，减少脑水肿及并发症发生。可通过动脉脉搏波形法、连续心排血量监测法 (FloTrac/Vigileo 监测法)、经食管超声心动图、经胸超声心动图等微创或无创方法，获取患者外科术中每搏输出量变异度 (stroke volume variation, SVV)、心输出量 (cardiac output, CO)、心指数 (cardiac index, CI)、每搏输出量 (stroke volume, SV)、脉压变异率 (pulse pressure variation, PPV) 等指标，及时动态反映患者容量变化及指导 GDFT。SVV 或 PPV 需在机械通气条件下评估且机体无开胸、心律失常或心肌疾病等合并症。目前 GDFT 在开颅手术中应用效果的研究较少，期待开展神经外科前瞻性随机对照研究，以具体指导 GDFT。

4 呼吸管理

4.1 保护性肺通气

ERAS 管理倡导保护性肺通气策略，以保护和改善肺功能，减少肺部并发症，降低通气相关性肺损伤 (ventilator-induced lung injury, VILI) 发生率和患者死亡率。开颅手术可采用小潮气量联合呼气末正压通气 (positive end expiratory pressure, PEEP) 的保护性肺通气策略：潮气量设置为 6~8 mL/kg，呼吸频率为 12~15 次/min，PEEP 为 5 cm H₂O (1 cm H₂O = 0.098 mm Hg)^[36]；术中及术毕使用有效的肺复张间歇膨胀，以减少术后肺部并发症发生^[37]。

4.2 维持呼气末二氧化碳正常低限

既往建议神经外科术中采用过度通气，维持呼气末 CO₂ 在较低水平 (一般保持在 30 mm Hg 左右)，以减少脑血流量、降低 ICP，便于手术操作。近年来研究显示，过度通气难以长时间维持降低 ICP 的作用，且长时间过度通气可引起或加重脑缺血、损

伤神经功能等。建议维持术中呼气末 CO₂ 在正常值低限 (35 mm Hg 左右)，减轻 VILI，改善患者术后肺功能^[38]。

5 其他管理

5.1 体温保护

荟萃分析指出，目前尚无证据表明术中低体温可降低开颅手术患者神经系统并发症发生率和围术期死亡率，且低体温导致的不良影响不容忽视，包括术后寒战、凝血功能紊乱、延长恢复室停留时间、麻醉苏醒延迟，增加术后感染、心肌缺血和心律失常发生率，延长住院时间等^[39]。此外，开颅手术时间较长易导致患者失温，加上术中盐水冲洗术野影响体温中枢周围区域，导致患者更易发生低体温。因此，开颅手术 ERAS 管理强调在围术期采用体温保护策略，包括等候区保温，采用温床垫、温毯，加温和加湿麻醉气体，采用输血输液加温装置等，并维持手术室环境温度高于 21 °C^[40]。

5.2 术后恶心呕吐

开颅手术后 PONV 总体发生率为 47%^[41]，其可导致 ICP 升高，增加颅内出血、脑水肿和误吸风险，应高度重视开颅手术 PONV 的预防，预防性用药包括 5-羟色胺受体拮抗剂、糖皮质激素、抗组胺药、多巴胺受体拮抗剂等，其他措施包括采用丙泊酚维持麻醉、减少吸入性麻醉药特别是氧化亚氮的使用、多模式镇痛等。清醒开颅手术也应注意预防术中恶心呕吐。一项对脑胶质瘤清醒开颅手术的研究中，术前应用 5 mg 地塞米松预处理可降低脑胶质瘤患者清醒开颅术中呕吐的发生率，但可引起围术期高血糖^[42]。

5.3 血糖管理

血糖维持在适宜范围可避免加重开颅手术中对神经的损伤。研究显示，术中高血糖可增加开颅手术后感染和死亡风险，是患者预后不良的危险因素^[43]。建议行择期开颅手术的患者术前血糖控制在 7 mmol/L 及以下，糖尿病患者术前使用胰岛素将血糖控制于 7.8~10.0 mmol/L^[44]。

6 小结

随着医疗技术的进步以及患者对生活质量要求的提高，ERAS 应运而生。作为 ERAS 管理的重要内容，现代麻醉学管理涵盖围术期镇痛镇静、容量管理、呼

吸管理、体温保护、血糖管理等各个方面。对开颅手术麻醉管理最新进展进行总结，有助于神经外科、麻醉科和护理人员在开颅手术围术期践行ERAS管理理念，不断提升临床质量、保障患者安全。同时，期待国内外尽快制订开颅手术ERAS管理麻醉指南和专家共识，使ERAS管理更加规范化、普及化。

作者贡献：李艺负责查阅文献、撰写论文初稿；刘子嘉负责文章构思和修订论文；拉巴次仁提出修改意见；申乐参与论文修订。

利益冲突：无

参 考 文 献

- [1] Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced recovery after surgery a review [J]. JAMA Surgery, 2017, 152: 292-298.
- [2] Gustafsson UO, Scott MJ, Hubner M, et al. Guidelines for Perioperative Care in Elective Colorectal Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society Recommendations: 2018 [J]. World J Surg, 2019, 43: 659-695.
- [3] Batchelor TJP, Rasburn NJ, Abdnour-Berchtold E, et al. Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: Recommendations of the Enhanced Recovery after Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS) [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2019, 55: 91-115.
- [4] Wainwright TW, Gill M, McDonald DA, et al. Consensus statement for perioperative care in total hip replacement and total knee replacement surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society recommendations [J]. Acta Orthop, 2020, 91: 3-19.
- [5] Nelson G, Bakkum-Gamez J, Kalogera E, et al. Guidelines for perioperative care in gynecologic/oncology: Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Society recommendations-2019 update [J]. Int J Gynecol Cancer, 2019, 29: 651-668.
- [6] Low DE, Allum W, De Manzoni G, et al. Guidelines for Perioperative Care in Esophagectomy: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society Recommendations [J]. World J Surg, 2019, 43: 299-330.
- [7] Gunter A, Ruskin KJ. Intraoperative neurophysiologic monitoring: Utility and anesthetic implications [J]. Curr Opin Anaesthesiol, 2016, 29: 539-543.
- [8] Vadivelu N, Kai AM, Tran D, et al. Options for perioperative pain management in neurosurgery [J]. J Pain Res, 2016, 9: 37-47.
- [9] Berger M, Schenning KJ, Brown CH, et al. Best Practices for Postoperative Brain Health: Recommendations From the Fifth International Perioperative Neurotoxicity Working Group. Best Practices for Postoperative Brain Health: Rec-
- ommendations From the Fifth International Perioperative Neurotoxicity Working Group [J]. Anesth Analg, 2018, 127: 1406-1413.
- [10] Sheshadri V, Venkatraghavan L, Manninen P, et al. Anesthesia for Same Day Discharge after Craniotomy: Review of a Single Center Experience [J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2018, 30: 299-304.
- [11] Sewell D, Smith M. Awake craniotomy: anesthetic considerations based on outcome evidence [J]. Curr Opin Anaesthesiol, 2019, 32: 546-552.
- [12] Batoz H, Verdonck O, Pellerin C, et al. The analgesic properties of scalp infiltrations with ropivacaine after intracranial tumoral resection [J]. Anesth Analg, 2009, 109: 240-244.
- [13] Song J, Li L, Yu P, et al. Preemptive scalp infiltration with 0.5% ropivacaine and 1% lidocaine reduces postoperative pain after craniotomy [J]. Acta Neurochir (Wien), 2015, 157: 993-998.
- [14] Jia Y, Zhao C, Ren H, et al. Pre-emptive scalp infiltration with dexamethasone plus ropivacaine for postoperative pain after craniotomy: a protocol for a prospective, randomized controlled trial [J]. J Pain Res, 2019, 12: 1709-1719.
- [15] Nguyen A, Girard F, Boudreault D, et al. Scalp nerve blocks decrease the severity of pain after craniotomy [J]. Anesth Analg, 2001, 93: 1272-1276.
- [16] Chaki T, Sugino S, Janicki PK, et al. Efficacy and safety of a lidocaine and ropivacaine mixture for scalp nerve block and local infiltration anesthesia in patients undergoing awake craniotomy [J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2016, 28: 1-5.
- [17] Mohamed AA, Radwan TA, Mohamed MM, et al. Safety and efficacy of addition of hyaluronidase to a mixture of lidocaine and bupivacaine in scalp nerves block in elective craniotomy operations; Comparative study [J]. BMC Anesthesiol, 2018, 18: 129.
- [18] Vallapu S, Panda NB, Samagh N, et al. Efficacy of dexmedetomidine as an adjuvant to local anesthetic agent in scalp block and scalp infiltration to control posteriotomy pain: A double-blind randomized trial [J]. J Neurosci Rural Pract, 2018, 9: 73-79.
- [19] Akcil EF, Dilmen OK, Vehid H, et al. Which one is more effective for analgesia in infratentorial craniotomy? The scalp block or local anesthetic infiltration [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2017, 154: 98-103.
- [20] Theerth KA, Sriganesh K, Reddy KM, et al. Analgesia Nociception Index-guided intraoperative fentanyl consumption and postoperative analgesia in patients receiving scalp block versus incision-site infiltration for craniotomy [J]. Minerva Anestesiol, 2018, 84: 1361-1368.
- [21] Yang X, Ma J, Li K, et al. A comparison of effects of scalp nerve block and local anesthetic infiltration on inflammatory re-

- sponse, hemodynamic response, and postoperative pain in patients undergoing craniotomy for cerebral aneurysms: A randomized controlled trial [J]. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19: 91.
- [22] Iturri F, Valencia L, Honorato C, et al. Narrative review of acute post-craniotomy pain. Concept and strategies for prevention and treatment of pain [J]. *Rev Esp Anestesiol Reanim (Engl Ed)*, 2020, 67: 90-98.
- [23] Ban VS, Bhoja R, McDonagh DL. Multimodal analgesia for craniotomy [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2019, 32: 592-599.
- [24] Tsiaousi GG, Logan SW, Bilotta F. Postoperative Pain Control Following Craniotomy: A Systematic Review of Recent Clinical Literature [J]. *Pain Pract*, 2017, 17: 968-981.
- [25] Akcil EF, Korkmaz Dilmen O, Ertem Vehid H, et al. The role of “Integrated Pulmonary Index” monitoring during morphine-based intravenous patient-controlled analgesia administration following supratentorial craniotomies: a prospective, randomized, double-blind controlled study [J]. *Curr Med Res Opin*, 2018, 34: 2009-2014.
- [26] Greenberg S, Murphy GS, Avram MJ, et al. Postoperative Intravenous Acetaminophen for Craniotomy Patients: A Randomized Controlled Trial [J]. *World Neurosurg*, 2018, 109: e554-e562.
- [27] Artine CA, Ajazi H, Zhang H, et al. Scheduled Intravenous Acetaminophen Improves Patient Satisfaction with Post-craniotomy Pain Management: A Prospective, Randomized, Placebo-controlled, Double-blind Study [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2018, 30: 231-236.
- [28] Türe H, Sayin M, Karlikaya G, et al. The analgesic effect of gabapentin as a prophylactic anticonvulsant drug on post-craniotomy pain: A prospective randomized study [J]. *Anesth Analg*, 2009, 109: 1625-1631.
- [29] Zeng M, Dong J, Lin N, et al. Preoperative Gabapentin Administration Improves Acute Postoperative Analgesia in Patients Undergoing Craniotomy: A Randomized Controlled Trial [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2019, 31: 392-398.
- [30] Shimony N, Amit U, Minz B, et al. Perioperative pregabalin for reducing pain, analgesic consumption, and anxiety and enhancing sleep quality in elective neurosurgical patients: A prospective, randomized, double-blind, and controlled clinical study [J]. *J Neurosurg*, 2016, 125: 1513-1522.
- [31] Vacas S, Van de Wiele B. Designing a pain management protocol for craniotomy: A narrative review and consideration of promising practices [J]. *Surg Neurol Int*, 2017, 8: 291.
- [32] Wang L, Shen J, Ge L, et al. Dexmedetomidine for craniotomy under general anesthesia: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials [J]. *J Clin Anest*, 2019, 54: 114-125.
- [33] Burkhardt T, Czorlich P, Mende KC, et al. Postoperative Nausea and Vomiting Following Craniotomy: Risk Factors and Complications in Context of Perioperative High-dose Dexamethasone Application [J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2019, 80: 381-386.
- [34] Zhao C, Jia Y, Jia Z, et al. Pre-emptive scalp infiltration with ropivacaine plus methylprednisolone versus ropivacaine alone for relief of postoperative pain after craniotomy in children (RP/MP vs RP): a study protocol for a randomised controlled trial [J]. *BMJ Open*, 2019, 9: e027864.
- [35] Seo H, Kim E, Jung H, et al. A prospective randomized trial of the optimal dose of mannitol for intraoperative brain relaxation in patients undergoing craniotomy for supratentorial brain tumor resection [J]. *J Neurosurg*, 2017, 126: 1839-1846.
- [36] O’Gara B, Talmor D. Perioperative lung protective ventilation [J]. *BMJ*, 2018, 362: k3030.
- [37] Gildner A, Kiss T, Serpa Neto A, et al. Intraoperative protective mechanical ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications: a comprehensive review of the role of tidal volume, positive end-expiratory pressure, and lung recruitment maneuvers [J]. *Anesthesiology*, 2015, 123: 692-713.
- [38] De Jong MAC, Ladha KS, Vidal Melo MF, et al. Differential Effects of Intraoperative Positive End-expiratory Pressure (PEEP) on Respiratory Outcome in Major Abdominal Surgery Versus Craniotomy [J]. *Ann Surg*, 2016, 264: 362-369.
- [39] Billeter AT, Hohmann SF, Druen D, et al. Unintentional perioperative hypothermia is associated with severe complications and high mortality in elective operations [J]. *Surgery*, 2014, 156: 1245-1252.
- [40] Shaw CA, Steelman VM, DeBerg J, et al. Effectiveness of active and passive warming for the prevention of inadvertent hypothermia in patients receiving neuraxial anesthesia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Clin Anesth*, 2017, 38: 93-104.
- [41] Hagan KB, Bhavsar S, Raza SM, et al. Enhanced recovery after surgery for oncological craniotomies [J]. *J Clin Neurosci*, 2016, 24: 10-16.
- [42] Kamata K, Morioka N, Maruyama T, et al. The effect of single low-dose dexamethasone on vomiting during awake craniotomy [J]. *J Anesth*, 2016, 30: 941-948.
- [43] Daniel R, Villuri S, Furlong K. Management of hyperglycemia in the neurosurgery patient [J]. *Hosp Pract (1995)*, 2017, 45: 150-157.
- [44] Gruenbaum SE, Toscani L, Fomberstein KM, et al. Severe Intraoperative Hyperglycemia Is Independently Associated With Postoperative Composite Infection After Craniotomy: An Observational Study [J]. *Anesth Analg*, 2017, 125: 556-561.

(收稿: 2020-10-19 录用: 2020-12-14 在线: 2020-12-17)

(本文编辑: 董 哲)